



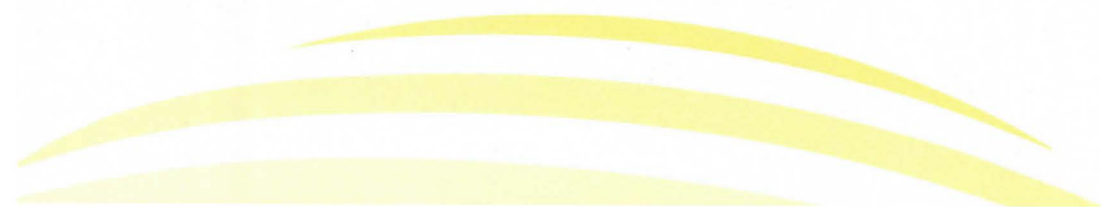
---

## **Actes des journées coton du Cirad**

**Montpellier, du 17 au 21 juillet 2000**

---

**Programme Coton  
Cirad-ca**



# Application du *plant mapping* à la structuration d'interaction génotype – lieux et à l'identification de descripteurs de milieu

SEKLOKA Emmanuel <sup>1</sup>; LANÇON Jacques <sup>1,2</sup>; SINHA Marius <sup>1</sup>; HOUGNI Alexis <sup>1</sup>; DJABOUTOU Moussibaou <sup>1</sup>; GOZE Eric <sup>1,3</sup>;

<sup>1</sup> INRAB-RCF, PARAB, BP 172, Paarakou, Bénin

<sup>1,2</sup> CIRAD-CA, Programme Coton, PARAB, 01 BP 715, Cotonou, Bénin

<sup>1,3</sup> CIRAD-CA, Programme Coton, Unité de biométrie

## Résumé

Durant deux campagnes successives le témoin des essais variétaux sur CPE (STAM 18 A) a fait l'objet d'une description détaillée en fin de récolte par la technique de *Plant mapping*. Un ensemble de critères ont été définis pour décrire la morphologie des cotonniers, l'importance et la répartition des sites fructifères et des capsules ainsi que la rétention capsulaire. Des variables pertinentes pour révéler des conditions particulières de milieu ont été mises en évidence. Les variables de mensuration ont été intéressantes pour rendre compte des conditions de stress hydrique ; les variables de production et de rétention capsulaire ont plus discriminé les CPE parasités par *Héliothis* ; un nombre minimum de variables s'est révélé suffisant pour catégoriser les Centres et structurer les interactions génotype milieu : le rendement, la hauteur du plant moyen et la rétention en première position de branche fructifère. Ce triplet a permis de distinguer trois situations en 1998 : normale, parasitaire et stress hydrique ; en 1999, les trois précédentes situations ont été obtenues mais à des intensités relativement faibles, et une situation particulière de haute productivité avec une rétention un peu inférieure à la normale. Les situations de stress hydrique se sont caractérisées par des cotonniers à faible développement végétatif et à faible productivité ; en condition de stress parasitaire, on a eu plutôt des cotonniers élancés, peu productifs avec une rétention très faible en première position de branches fructifères.

## 1- Introduction

Le *plant mapping* est un outil de description de l'architecture du plant ; il est très utilisé aux USA essentiellement pour la gestion de la culture cotonnière ; il s'agit alors de *mapping* de pleine végétation destiné à déterminer les meilleurs moments pour l'irrigation, la fertilisation, les applications de régulateurs de croissance etc...(Jeffrey, 1994 ; Bourland *et al.*, 1994 ; Oosterhuis *et al.*, 1994). Il était également pressenti comme un instrument de prédiction de la production par de nombreux chercheurs (Hake et Stair 1994 ; Bourland *et al.*, 1997). Dans le cadre de la présente étude, il s'agit plutôt de voir comment l'utiliser pour rendre compte à posteriori des conditions de milieu qui ont prévalu au cours d'une campagne donnée (Sekloka *et al.*, 1999).

En effet, les essais variétaux multilocaux de cotonnier au Bénin mettent parfois en évidence des interactions génotypes et milieux. Mais les tentatives de structuration à



partir des situations géographiques n'ont pas abouti (Arib et al., 1997). Des informations relatives à la qualité des sols, aux variations climatiques et à l'état hydrique du sol mesuré par FTSW (fraction d'eau transpirable du sol) à des moments précis pouvaient aider à cela ; mais il paraît aussi intéressant de pouvoir reconstituer le vécu agroclimatique de la plante à partir d'un *mapping* final sans avoir recours à des méthodes très onéreuses et très exigeantes en technicité. Notre objectif est alors d'adapter la technique du *plant mapping* à la caractérisation d'essais variétaux (ou des milieux de culture) afin de pouvoir expliquer et structurer des interactions géotypes milieux.

Cette étude est donc basée sur le principe que le cotonnier est une plante qui exprime de par son architecture en fin de campagne les stress qu'il a pu subir au cours de son développement. Le *plant mapping* de fin de récolte, en tant qu'outil de lecture à posteriori de cette architecture, permettra de rendre compte des variations de milieu au cours de la campagne et de dégager au besoin des groupes homogènes dans l'ensemble de nos centres permanents d'expérimentation (CPE).

## **2- Matériel et méthode**

### **2.1- Matériel végétal**

Le matériel végétal considéré pour l'étude est la variété Stam 18 A issue du fond génétique Stam et témoin de nos essais variétaux ; elle présente un port élané, de longues branches fructifères et végétatives et de longs entre-nœuds dans les bonnes conditions de culture.

Les autres variétés varient suivant les années. Elles n'interviennent que lors des regroupements d'essai pour l'analyse du rendement :

- Campagne 1998-1999 : il y a eu 3 variétés issues du complexe Stam F (H 279-1, B 200-34 et A 12), 2 issues du complexe U 332-3 (A 16 et B 212-58) et les variétés NTA 88-6 du Mali et O 532-598 de la république centrafricaine. Elles sont toutes originaires d'Afrique et de morphologie élanée (Lançon et al., 2000)
- Campagne 1999-2000 : les variétés mises en essai sont issues de deux fonds génétiques ; il y a les résélections de Stam F que sont Stam 18 A, H 279-1, A 12 et B 200-34 et le complexe U 332-3 représenté par B 212-44, C 192-1, C 192-2 et C 232-4. Là encore, on a affaire à des variétés typiquement africaines (Lançon et al., 2000).

### **2.2- Dispositif expérimental**

L'architecture du témoin dans chacun des essais variétaux de la campagne est décrite à la fin des récoltes par la technique de *Plant mapping*. Outre les rendements et la densité à la récolte qui sont calculés sur l'ensemble des plantes de chaque parcelle élémentaire, cinq ou huit plantes, prises au hasard, font l'objet de mesures détaillées : mensurations complètes et structure de fructification (*plant mapping*).

Les essais variétaux comparent au témoin 7 variétés candidates sur 10 centres permanents d'expérimentation (CPE), dans un dispositif de bloc aléatoire complet à 6 répétitions ; les parcelles élémentaires sont constituées de 3 lignes de 20 m chacune ; les semis sont réalisés à 5 graines par poquet avec démariage à un plant par poquet et à une densité de 42 000 plants à l'hectare

La structuration des interactions génotype milieu est réalisée à l'aide du logiciel Statitcf et sur la base des regroupements à priori.

## 2.3- Observations à réaliser

Certaines observations sont mesurées directement sur le plant tandis que plusieurs autres sont issues de calcul.

### 2.3.1-Notion d'iso-floraison

Tous les organes fructifères qui ont été initiés en même temps sont considérés comme contemporains. Ils ont bénéficié des mêmes conditions favorables et subi les mêmes stress. Il nous paraît intéressant de les regrouper dans le traitement des résultats sous le terme diagonale d'isofloraison (D). Néanmoins, la date exacte d'apparition de chaque fleur ne pourra pas être observée ; 10 diagonales d'iso-floraison seront définies sur la base d'un ratio théorique de propagation de la floraison de 1 le long des branches fructifères (axe horizontal) à 2 sur la tige séminale (axe vertical).

**Tableau 2.1 : Composition des diagonales d'iso-floraison.**

Diagonale N°	Positions prises en compte
1	$P_1/BF_1, P_1/BF_2$
2	$P_1/BF_3, P_1/BF_4, P_2/BF_1, P_2/BF_2$
3	$P_1/BF_5, P_1/BF_6, P_2/BF_3, P_2/BF_4, P_3/BF_1, P_3/BF_2$
N	$P_1/BF_{(2n-1)}, P_1/BF_{(2n)}, \dots, P_n/BF_1, P_n/BF_2$

Nota :  $P_n/BF_n$  indique la  $n^{\text{ième}}$  position sur la  $n^{\text{ième}}$  branche fructifère

### 2.3.2-Mensurations

De nombreux descripteurs morphologiques ont été retenus pour la commodité de leur mesure.



**Tableau 2.2 : Variables de mensuration.**

Abrégé	Signification	Unité
NNSB	Nombre de nœuds sans branche au dessus du nœud cotylédonaire	
NNPBF	Nombre de nœuds jusqu'à la première branche fructifère	
NBV	Nombre de branches végétatives	
NBF	Nombre de branches fructifères	
NBFC	Nombre de branches fructifères portant capsules	
NDBFC	Numéro de la dernière branche fructifère portant capsule	
NN	Nombre de nœuds	
LBV	Longueur de la plus longue branche végétative	Cm
LBF	Longueur de la plus longue branche fructifère	Cm
HPBF	Hauteur de première branche fructifère	Cm
HDBFC	Hauteur de la dernière branche fructifère portant une capsule	Cm
HT	Hauteur totale	Cm
HNR	<i>Height to node ratio</i>	Cm
COE	<i>Cut-out</i> estimé	

« NNSB » représente le nombre de nœuds compris entre le nœud cotylédonaire et la première branche végétative apparue sur la plante.

« NN » représente le nombre total ; il est égal à NNSB + NBV + NBF.

« HNR » représente la hauteur moyenne d'un entre-nœud soit HT / NN.

« COe » dénombre les nœuds entre la dernière P1 ayant porté une capsule et le sommet de la plante. Ce critère peut être considéré comme un indicateur du "cut out" physiologique, date à laquelle la plante ne peut plus accrocher de capsule supplémentaire.

### 2.3.3- Sites fructifères

Chaque plante fera l'objet d'une cartographie détaillée de la répartition de sa production entre tous les sites fructifères potentiels.

**Tableau 2.3 : Variables de floraison.**

Abrégé	Signification	Unité
SBV	Nombre de sites fructifères sur les branches végétatives	
SBF	Nombre de sites fructifères sur les branches fructifères	
SP1	Nombre de sites fructifères en position 1 de branche fructifère	
SDn	Nombre de sites fructifères sur la diagonale n	
S autres D	Nombre de sites fructifères sur les diagonales restantes	
% SP1	Pourcentage des sites de branche fructifère en position 1	%
D50%	Nombre de diagonales représentant 50% des sites	
% SBV	Pourcentage des sites sur branches végétatives	%
Ic	Indice de compétition	%

Parmi les variables présentées ici, plusieurs sont issues de dénombrement. Celles qui sont calculées méritent une explication.

« %SP1 » exprime la représentativité des sites en P1 (à rapprocher de %CP1)

« D50% » représente le centre de gravité de la variété pour la production de sites de floraison

« %SBV » exprime l'importance de la floraison des branches végétatives, puits importants, mais peu valorisés en termes de production

« Ic » ou perte en sites sur branches fructifères est calculé comme le complément à 100 du taux de sites dénombrés par rapport au nombre maximal de sites possibles. Son calcul est basé sur les paramètres du modèle de développement du cotonnier décrit par Franquin (1985) et repris par Lançon (1995):

$Ic = 100 (1 - s/N)$ , s étant le nombre de nœuds observés sur branches fructifères (SBF) et  $N = \frac{1}{4} NBF^2 + \frac{1}{2} NBF$ , le nombre théorique de nœuds sur branches fructifères.

On estime que la proportion de sites manquants est d'autant plus élevée que la compétition a été forte.

#### 2.3.4- Capsules

**Tableau 2.4 : Variables décrivant les capsules.**

Abrégé	Signification	Unité
% BFC	Pourcentage de branches fructifères portant au moins une capsule	%
CBV	Nombre de capsules portées par les branches végétatives	
CBF	Nombre de capsules portées par les branches fructifères	
CP1	Nombre de capsules en position 1 de branche fructifère	
CDn	Nombre de capsules portées par la diagonale n	
C autres D	Nombre de capsules portées par les diagonales restantes	
PMC	Poids moyen capsulaire	g
% CP1	Pourcentage de capsules en position 1 de branche fructifère	%
% CBV	Pourcentage de capsules portées par les branches végétatives	%
If40%b	Indice de fructification sur 40% des sites du bas	%
If50%b	Indice de fructification sur 50% des sites du bas	%
If35%m	Indice de fructification sur 35% des sites médians	%
If25%h	Indice de fructification sur les sites de tête	%

« PMC » est une estimation du poids moyen capsulaire réalisée à partir du rendement de la variété dans l'essai, de la densité et du nombre total de capsules

« %CP1 » exprime la représentativité des capsules en P1 par rapport à la plante entière

« %CBV » exprime l'importance relative de la production portée par les branches végétatives



« If50%b » est calculé comme le pourcentage de capsules produit par la première moitié des sites fructifères (D50%). C'est un indice de regroupement de la fructification sur les premières diagonales d'isofloraison. Les autres If s'interprètent de la même façon, les pourcentages suivi des lettres b, m et h indiquant les niveaux de compartiment concernés (resp. bas, médian et haute)

### 2.3.5- Taux de rétention

**Tableau 2.5 : Variables de rétention capsulaire.**

Abrégé	Signification	Unité
RBV	Pourcentage de sites sur les branches végétatives ayant produit des capsules	%
RBF	Pourcentage de sites sur les branches fructifères ayant produit des capsules	%
RP1	Pourcentage de sites en première position de branche fructifère ayant produit des capsules	%
RP1eff	Taux de rétention sur les branches fructifères ayant produit au moins une capsule, c'est à dire les branches fructifères utiles	
R10P1	Pourcentage des sites en première position des 10 premières branches fructifères ayant produit des capsules	
RDn	Pourcentage de sites de la diagonale n ayant produit des capsules	%
Rautres D	Pourcentage de sites des diagonales supérieures ayant produit des capsules	%
R50%Sb	Taux de rétention sur la moitié inférieure des sites	%
R40%Sb	Taux de rétention sur 40% des sites du bas	
R35%Sm	Taux de rétention sur 35% des sites médians	
R25%Sh	Taux de rétention sur 25% des sites supérieurs	
R50%Sh	Taux de rétention sur la moitié supérieure des sites	%

« R50%Sb » est une estimation du pourcentage de capsules retenues sur les sites compris entre "D1" et "D50%". Il est calculé comme  $(If50\%b \times "CBF") / "SBF" / 2$

« R50%Sh » représente le pourcentage de capsules retenues par les diagonales supérieures de la plante. Ces deux paramètres veulent illustrer l'efficacité relative de la plante en début (en bas) et en fin de cycle.

Les rétentions 40%Sb, 35%Sm et 25%Sh représentent des estimations de pourcentages de capsules retenues sur les sites compris respectivement entre D1 à 40% ; D40% à 75% et D75% à 100%. Elles traduisent les taux de rétention dans différentes régions de la plante.

### 3- Résultats de la campagne 1998-1999

#### 3.1- Regroupement des essais et structuration de l'interaction

L'analyse des rendements a révélé une interaction génotype milieu hautement significative (Tableau 3.1)

**Tableau 3.1 : Analyse du regroupement des essais**

Source de variation	ddl	CM	F calc.	ddl F	Sign.
Lieux	9	2160315			
Variétés	7	80734	5,81	7/63	**
Interaction lieux-variétés	63	13902	2,10	63/350	**
Résiduelle pondérée	350	6636			

\*\*=Significatif au seuil de 1%

#### 3.2- Définition des groupes à priori et leur pertinence

L'appartenance à un même fond génétique a été le critère retenu pour le regroupement des variétés ; on a le complexe STAM F (H 279-1, B 200-34, Stam 18 A, A12), le complexe U 332-3 (A 16, B 212-58), et les variétés NTA 88-6 et O 532-598.

Le regroupement des lieux est dicté par les conditions particulières de la campagne. Ainsi, trois groupes de lieux ont été défini :

- groupe de lieux n'ayant connu aucune perturbation spécifique ; il s'agit des CPE de Soaodou, Monè, Gobé et Savalou ; cette situation a été prise pour référence
- groupe de lieux ayant connu des attaques particulières : ce sont les centres d'Angaradébou, de Gomparou et d'Okpara
- groupe de lieux où le régime hydrique a connu des perturbations : il s'agit des CPE de Gogounou, Cana et Kétou

Le couplage des deux types de groupes (lieux et variétés) donne une structuration générale significative de l'interaction, montrant ainsi la pertinence des regroupements à priori réalisés (Tableau 3.2).

**Tableau 3.2 : Structuration de l'interaction génotype milieu**

	F calc.	ddl F	Sign.
Inter groupes lieux	1,78	14/49	
Inter groupes variétés	3,32	27/36	**
Structuration complète	4,26	35/28	**

\*\*=Significatif au seuil de 1%



Les moyennes par groupe sont regroupées dans le tableau 3.3 ; on note que le fond génétique Stam est plus adapté aux différentes conditions de culture de cette campagne ; il apparaît plus rustique tout en valorisant le mieux les bonnes conditions de culture.

Dans ces essais, la variété malienne NTA 88-6 est la plus affectée par les chocs hydriques; la variété O 532-598 a mieux supporté le stress hydrique, mais elle n'a pu bien valoriser les bonnes conditions.

**Tableau 3.3 : Rendement par groupe de lieux et de variétés**

	<b>Situation normale</b>	<b>Stress parasitaire</b>	<b>Stress hydrique</b>	<b>Moyenne</b>
<b>Complexe STAM F</b>	2195 ±206	1352 ±185	1007 ±113	1518 ±549
<b>Complexe U 332-3</b>	2008 ±162	1209 ±177	997 ±175	1405 ±490
<b>NTA 88-6</b>	1991 ±228	1353 ±072	919 ±074	1421 ±496
<b>O 532-598</b>	1956 ±320	1296 ±058	1010 ±217	1421 ±461
<b>Moyenne</b>	2038 ±229	1303 ±167	983 ±135	1441 ±514

Le rendement décroît dans l'ordre situation normale, stress parasitaire, stress hydrique ; au cours de cette campagne les chocs hydriques ont plus affecté les cotonniers que les attaques parasitaires. Cela pourrait également signifier que les stress hydriques sont ressentis pendant une plus longue période comparativement aux stress parasitaires.

### **3.2- Analyse des résultats de "Plant mapping" sur la base de ces regroupements**

Le traitement des données collectées ou calculées à l'issu des « *mapping* » de fin de récolte ont permis d'identifier quelques critères pertinents pour rendre compte des situations du milieu qui ont prévalu au cours de la campagne

#### **3.2.1- Morphologie**

Avec les variables de mensuration, ce sont surtout les situations de stress hydrique qui sont nettement révélées : les cotonniers sont plus courts et moins vigoureux (Tableau 3.4).

**Tableau 3.4 : Mensuration**

HT=hauteur totale; HNR=longueur d'entre-nœud; NBV=nombre de branches végétatives; NBF=nombre de branches fructifères; LBV=longueur de la plus longue branche végétative; LBF=longueur de la plus longue branche fructifère; HPBF=hauteur d'insertion de la première branche fructifère;

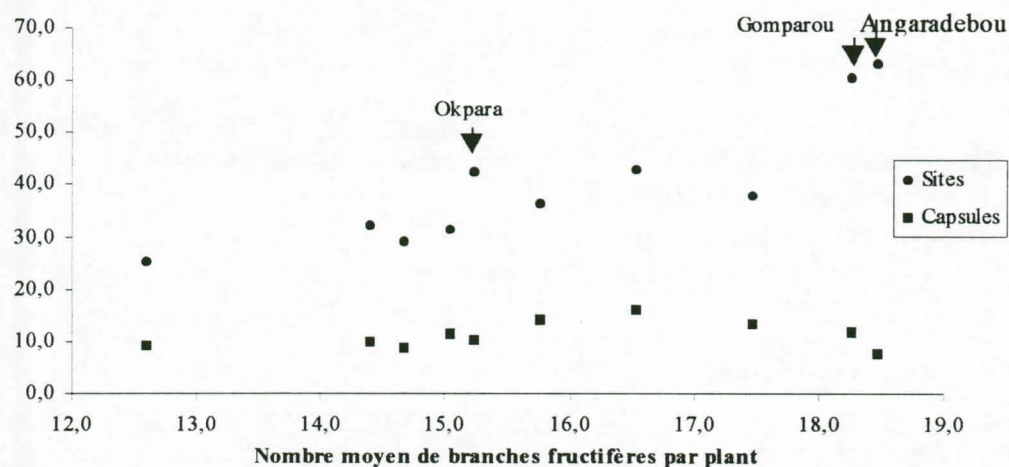
Situation	Nb. obs.	HT cm	NBV	NBF	LBV cm	LBF cm	HPBF cm
Conditions "normales"	120	128,9 a	2,5 a	16,2 a	75,7 a	44,2 a	22,4 a
Stress parasitaire	90	128,8 a	2,4 a	17,3 a	69,5 a	45,0 a	22,6 a
Stress hydrique	90	90,2 b	1,8 b	13,9 b	36,1 b	30,3 b	20,4 b

Les moyennes affectées d'une lettre différente de celle de la situation normale sont significativement différentes de celle-ci au seuil de 5% selon le test de Student

La hauteur totale, les nombres moyens de branches fructifères et de branches végétatives par plant ainsi que leurs longueurs moyennes sont des critères intéressants de discrimination des lieux.

### 3.2.2- Sites fructifères et production capsulaire

Le temps de fonctionnement de la plante exprimé en nombre moyen de sites fructifères par plant est un indicateur pertinent des attaques parasitaires (Fig 3.1);

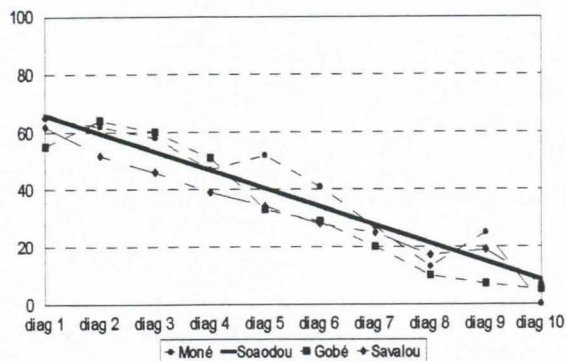


**Figure 3.1 : Temps de fonctionnement et production capsulaire**

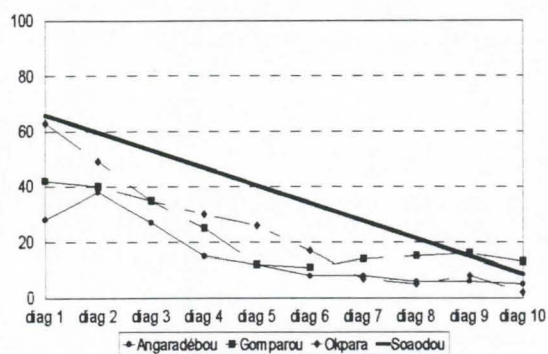
Les flèches indiquent les lieux où il y a eu des attaques parasitaires

A part les trois CPE parasites (indiqués par des flèches), on observe un écart presque proportionnel entre le nombre moyen de sites fructifères par plant et le nombre moyen de capsule ; cet écart peut être interprété comme du shedding physiologique normal. Par contre sur les trois CPE parasites (Okpara, Gomparou et Angaradébou), surtout sur ceux d'Angaradébou et de Gomparou où les attaques ont été les plus sévères, les écarts sont plus grands entre les deux variables : nombre moyen de sites fructifères plus grand et nombre moyen de capsules plus faible. La corrélation entre les deux variables lorsqu'on écarte les trois CPE parasites est de 0.95 et tombe à - 0.03 lorsqu'on les intègre.

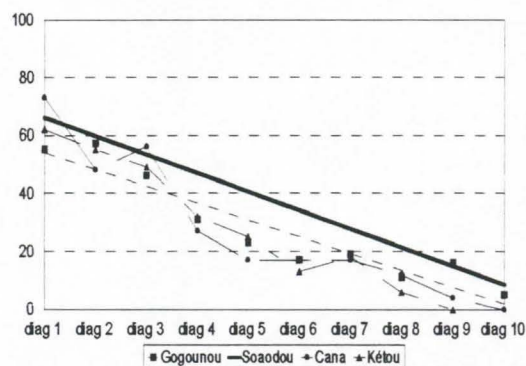




**Figure 3.2a : Taux de rétention et diagonale d'isofloraison : Bonnes conditions**

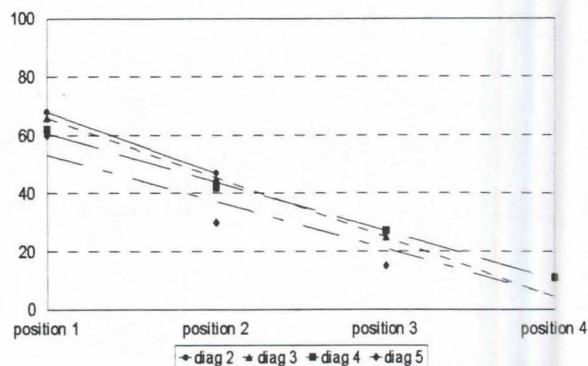


**Figure 3.2b : Taux de rétention et diagonale d'isofloraison : condition de stress parasitaire**

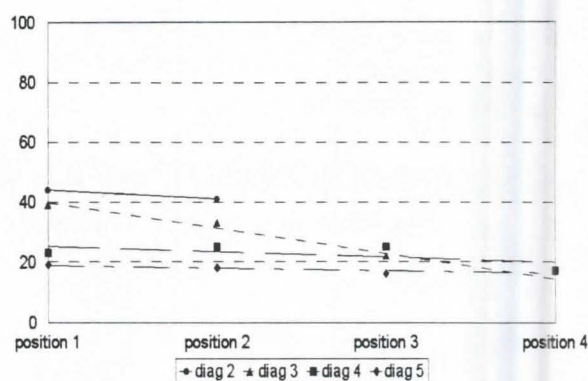


**Figure 3.2c : Taux de rétention et diagonale d'isofloraison : condition de stress hydrique**

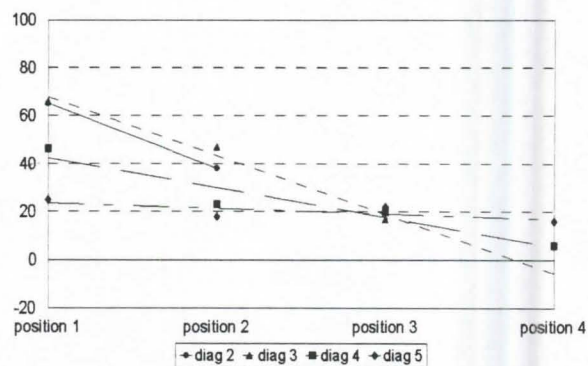
NB : La droite en trait plein représente la courbe de tendance de Soaodou prise comme référence



**Figure 3.3a : Taux de rétention par position : bonnes conditions**



**Figure 3.3b : Taux de rétention par position : Stress parasitaire**



**Figure 3.3c : Taux de rétention par position : stress hydrique**

### 3.2.3- Productivité et répartition capsulaire

Le nombre de branches fructifères portant capsules et surtout le rendement discriminent toutes les situations ; les pourcentages de capsules sur branches fructifères et les pourcentages de capsules en première position de branches fructifères sont significativement bas en condition de stress parasitaire (Tableau 3.5). Ces variables sont donc intéressantes pour caractériser des situations de milieu.

**Tableau 3.5 : Productivité**

*NBFC=nombre de branches fructifères portant capsules; %C sur BF(BV)=pourcentage de capsules sur BF(BV); %P1=pourcentage de capsules sur P1; Ic=Indice de concentration; Rdt=Rendement*

Situation	RDT kg/ha	NBFC <sup>(1)</sup>	%CBV %	%CBF %	% P1 %	Ic %
conditions "normales"	2197 a	10,2 a	18,7	36,8 a	59,6 a	65,5
Stress parasitaire	1351 b	6,9 b	18,9	18,3 b	39,1 b	71,5
déficit hydrique	1015 b	7,0 b	11,9	32,7 a	62,4 a	72,2

*Les moyennes affectées d'une lettre différente de celle du témoin (situation normale) sont significativement différents du témoin au seuil de 5% selon le test de student; les moyennes NBFC sont calculées à partir de données par plant, c'est à dire 120, 90 et 90 observations respectivement pour les conditions normales, parasitaire et de stress hydrique; pour les autres variables, les calculs sont faits à partir des moyennes par centre, c'est à dire 4, 3 et 3 observations respectivement*

L'indice de fructification ne présente aucune différence significative entre groupe de lieux ; il est même supérieur à 70% dans les conditions de stress. Les stress importants sont donc beaucoup plus ressentis dans la deuxième moitié du cycle de floraison que dans la première, si bien que les capsules du bas ont été très peu affectées.

### 3.2.4- Rétention capsulaire

Dans les conditions normales, les taux de rétention sont bien proches de ceux de Soadoudou (pris comme témoin) ; les écarts à la courbe de tendance de Soadoudou sont faibles et fluctuent très peu (Fig 3.2a)

Dans les conditions de fort shedding parasitaire, en particulier à Angaradebou et à Gomparou (Fig 3.2b), les taux de rétention sont nettement inférieurs à ceux des conditions normales (représentées sur les figures par la courbe de tendance de Soadoudou) ; les courbes décrochent de façon remarquable aux diagonales 4, 5 et 6, qui correspondent probablement aux pics d'infestation

Les mêmes comportements que précédemment sont observés pour les taux de rétention en conditions de stress hydrique (Fig 3.2c)

L'observation des taux de rétention par position de diagonale montre également que la décroissance du taux de rétention le long des branches fructifères est perturbée par les attaques parasitaires (Fig 3.3 a et b). Dans les bonnes conditions (Fig 3.3a) le taux de rétention décroît des premières positions de branches fructifères vers les dernières ; en



situation de stress parasitaire (Fig 3.3b), la décroissance n'est pas nette ; les chenilles dévorent les capsules souvent le long des branches fructifères, provoquant un nivellement de la rétention le long de la branche.

Ces observations montrent que le taux de rétention est un bon indicateur de stress chez le cotonnier, et qu'il peut être utilisé pour déterminer approximativement la période d'occurrence de stress.

Par ailleurs, le taux de rétention est maximum en début de production (premières diagonales) et décroît en fonction du temps de fonctionnement de la plante (Fig 3.2a, 3.2b, 3.2c) ; or, sur une même diagonale le taux de rétention capsulaire décroît des premières positions vers les dernières (Fig 3.3a). Ces observations confirment que le taux de rétention décroît du bas vers le haut et de l'intérieur vers l'extérieur de la plante (Parry, 1982 ; Demol, 1992). Le taux de rétention suit donc une évolution spatiale similaire à celle de la production de fleur trouvée par Parry (1982) et reprise par Demol *et al.* (1992). Les premières capsules sont beaucoup moins susceptibles aux causes de shedding que les capsules des jours suivants.

### 3.2.5- Choix du nombre minimum d'entrées discriminants : synthèse provisoire

La plupart des variables étudiées peuvent être considérées comme révélatrices des conditions de milieu qui ont prévalu au cours d'un cycle de cotonnier (variables de mensuration, variables de production, de rétention et de répartition capsulaire) ; les plus simples à mesurer sont la hauteur des plantes, le nombre moyen de branches fructifères par plant, le nombre moyen de branches fructifères portant capsules et la rétention en première position.

La classification hiérarchique ascendante (avec éliminations successives de variables) a mis en évidence que trois des variables mesurées reproduisent la catégorisation attendue des CPE : le rendement, la hauteur totale et la rétention en première position.

**Tableau 3.6 : entrée minimum discriminant**

	<b>Rendement</b> <i>kg/ha</i>	<b>Hauteur totale</b> <i>cm</i>	<b>Rétention en P1</b> <i>%</i>
<b>Situation normale</b>	2038	128,9	49,2
<b>Stress parasitaire</b>	1303	128,8	22,6
<b>Stress hydrique</b>	983	90,2	42,0

Chacune de ces variables discrimine une situation par rapport aux deux autres (Tableau 3.6) ; le rendement discrimine nettement les conditions dites normales par rapport aux situations de stress ; la hauteur, comme on l'a vu plus haut, met plus en évidence les cotonniers affectés par le stress hydrique en les rendant plus courts que les cotonniers cultivés dans les autres milieux ; enfin, la rétention en première position de branche fructifère est beaucoup plus sensible aux attaques parasitaires qu'à d'autres stress.

## 4- Résultats de la campagne 1999-2000

### 4-1 Analyse du regroupement des essais variétaux

malgré une pression parasitaire moins forte que celle de la campagne dernière et une pluviométrie beaucoup moins capricieuse, le regroupement des essais variétaux met en évidence une interaction génotype lieu significative (Tableau 4.1)

Tableau 4.1 : analyse du regroupement des essais variétaux 99-00

Source de variation	ddl	CM	F Calculé	ddl F	Sign.
Lieux	9	3077743			
Variétés	7	63960	6,33	7/63	**
Interaction lieux-variétés	63	10101	1,36	63/350	*
Residuelle pondérée	350	7440			

\*=Significatif au seuil de 5% ; \*\*=significatif au seuil de 1%

### 4-2. Structuration de l'interaction génotype milieu

La structuration de la variabilité des lieux à partir des trois critères précédemment identifiés (rendement en coton graine, hauteur du plan moyen et rétention en première position de branche fructifère) permet de distinguer quatre groupes de lieux (tableau 4-2):

Tableau 4.2 : les différentes groupes de lieux identifiés

	Rendement <i>kg/ha</i>	Hauteur totale <i>cm</i>	Rétention en P1 <i>%</i>
Situation normale	1899	111,4	54,4
Soaodou	2722	130,3	47,0
Cana	1533	128,7	38,0
Stress hydrique	776	91,3	38,5

- Angaradebou, Gomparou, Okpara, Mone, Gobé et Savalou qui peuvent être considérés comme le groupe des CPE « normaux » où les cotonniers sont de taille moyenne avec une bonne rétention et un bon rendement moyen
- Soaodou, CPE un peu particulier, avec une rétention moyenne un peu en dessous de la normale, des cotonniers très développés et un rendement élevé ; on pourrait penser à un léger problème de contrôle parasitaire ou à un développement végétatif



important ayant engendré des chutes de boutons floraux ; mais le phénomène n'est cependant pas assez significatif pour contrarier la productivité du lieu

- Cana qui présente les caractéristiques d'un CPE où le contrôle parasitaire n'a pas été optimum : taux de rétention faible avec de grands cotonniers
- Gogounou et Kétou qui fournissent des cotonniers courts et à faible productivité ; ces types de cotonniers caractérisent des situations de stress hydrique

Le regroupement des variétés s'est effectué sur la base du fond génétique ; ainsi on a

- le groupe U332 composé de B 212-44, C 192-1, C 192-2 et C 232-4
- le complexe STAM F au sein duquel deux groupes ont été considérés : A12 d'une part et les apparentés directs de STAM 18 d'autre part (STAM 18 A, H 279-1 et B 200-34)

Ces deux classifications rendent bien compte de l'interaction génotype milieu (Tableau 4-3)

**Tableau 4-3 : Structuration de l'interaction**

Source de variation	F calc.	ddl F	Sign.
Inter groupes lieux	0,82	21/42	
Inter groupes variétés	2,99	18/45	*
Structuration complète	2,02	33/30	*

\*=Significatif au seuil de 5%

Le rendement par groupe de lieux et de variétés montre un comportement général intéressant du groupe Stam 18 A dans l'ensemble des conditions (Tableau 4-4); A12 a enregistré les rendements le plus faibles sauf en situation de stress hydrique où il vient en deuxième position devant le complexe U 332-3.

**Tableau 4-4 : Rendement par groupe de lieux et de variétés**

	Situation normale	Soaodou	Cana	Stress hydrique	Moyenne
<b>Groupe</b>					
<b>Stam 18 A</b>	1981	2866	1644	806	1824
<b>A 12</b>	1748	2604	1346	801	1625
<b>U 332-3</b>	1876	2644	1496	761	1694
<b>Moyenne</b>	1868	2705	1496	789	1714

Le potentiel de production de Soaodou est très fort et supérieur à celui des autres variétés.

## 4.2 Analyse des résultats sur la base de ces regroupements

### 4.2.1- Morphologie

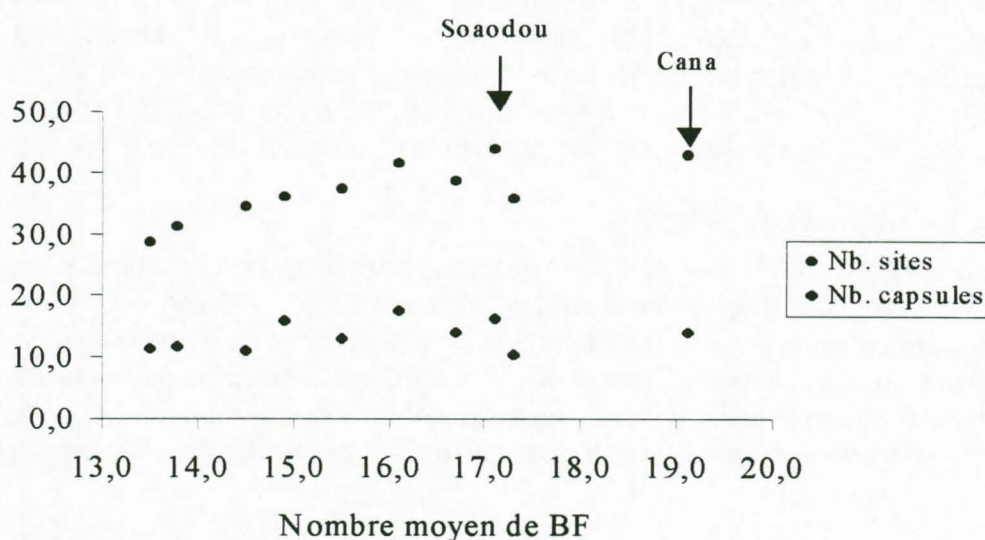
Les variables de morphologie ont confirmé leur pertinence à mettre en évidence les CPE où il y a eu de stress hydrique : cotonniers courts avec de courtes branches fructifères et végétatives ; A Soaodou et à Cana au contraire, les cotonniers ont eu un développement végétatif important (Tableau 4-5), caractéristique de CPE parasité ou de conditions édaphiques intéressants ; la situation à Soaodou s'inscrit certainement dans la deuxième logique.

**Tableau 4-5: Mensuration comparée des différentes situations**

*HT=hauteur du plant; NBV=nombre de branches végétatives; LBV=longueur de la plus longue branche végétative; NBF=nombre de branches fructifères; LBF=longueur de la plus longue branche fructifère; HNR=hauteur d'entre-noeud; COE= "cut out" estimé.*

Localité	HPBF	HT	NBV	LBV	NBF	LBF	HNR	COE
		cm		cm		cm	cm	
Situation normale	18	111,4	2,1	60,0	15,1	40,7	5,3	3,1
Soaodou	17	130,3	2,0	85,4	17,1	49,0	5,8	2,7
Cana	16	128,7	1,3	62,2	19,1	46,5	5,2	4,8
Stress hydrique	13	91,3	1,7	38,4	15,9	30,2	4,3	4,5

### 4.2.2- Sites fructifères et production capsulaire



**Fig 3.4: Temps de fonctionnement et production capsulaire**

Les CPE de Cana et de Soaodou se distinguent par une production de sites fructifères plus élevée avec une production moyenne de capsules ; sur ces centres, les chutes de



capsules ou de boutons floraux ont été relativement plus importantes ; ceci confirme soit un mauvais contrôle parasitaire sur ces centres (cas de Cana surtout), soit un développement végétatif qui n'a pas permis une bonne pénétration de la lumière dans le couvert végétal (probablement le cas de Soaodou). Le temps de fonctionnement de la plante exprimé en écart de production de capsules par rapport à la production de sites est donc un indicateur pertinent de shedding anormal.

#### 4.2.3- Productivité et répartition capsulaire

A Soaodou, la bonne productivité s'explique par un nombre plus important de branches fructifères portant capsules, des capsules plus grosses et une meilleure production des sites de tête (Tableau 4-6)

**Tableau 4.6 : Productivité et répartition capsulaire**

*Dens*=densité à l'hectare; *RDT*=rendement; *PMC*=poids moyen capsulaire; *%CP1*=pourcentage de capsules en première position de branche fructifère; *%CBV*=pourcentage de capsules sur branches végétatives; *if40%b*=indice de fructification de la partie basse du plant (sur les 40% des premiers sites); *if35%m*=indice de fructification de la partie médiane du plant (comprise entre 40% et 75% des sites); *if25%h*=indice de fructification des sites de tête (sur les 25% supérieur des sites fructifères); *NBFC*=nombre de branches fructifères portant capsules

Localité	Dens	RDT	PMC	%CP1	%CBV	if40%b	if35%m	if25%h	NBFC
	<i>mpl/ha</i>	<i>kg/ha</i>	<i>g</i>			%	%	%	
Situation normale	31667	1899	3,7	60,1	18,3	55,2	32,2	12,7	10,2
Soaodou	36875	2722	4,2	49,1	12,8	54,0	29,0	17,0	11,3
Cana	40000	1533	2,6	52,1	9,1	59,0	28,0	13,0	9,9
Stress hydrique	36042	776	2,0	56,8	8,8	59,5	31,0	9,5	8,1

A Cana où un mauvais contrôle parasitaire est soupçonné, la production des sites médians est relativement faible ainsi que le pourcentage de capsules sur branches végétatives et le nombre de branches fructifères portant capsules ; on peut en dire de même dans la situation de stress hydrique sauf que la production des sites médians est ici meilleure. Ces variables sont donc discriminantes de situation de stress en général.

#### 4.2.4- Rétention capsulaire

La rétention sur BV, la rétention sur BF et les rétentions dans différents compartiments de la plante sont meilleures dans les situations dites normales (Tableau 4-7). Les cotonniers n'ayant pas souffert comme la campagne dernière du problème de résistance de ravageurs aux produits insecticides, les CPE où le contrôle parasitaire n'a pas été optimum n'ont pas exprimé des taux de rétention très discriminant ; Cana et Soaodou sont intermédiaires entre la situation normale et les conditions de stress parasitaire.



**Tableau 4.7 : Rétention capsulaire**

*Dens*= densité; *RBV*=rétention sur branches végétatives; *RBF*=rétention sur branches fructifères; *RP1*=rétention en première position de branches fructifères; *R40%Sb*=rétention sur 40% des sites du bas; *R35%Sm*=rétention sur les sites médians; *R25%Sh*=rétention sur les sites du haut; *RP1eff*=rétention en première position des branches fructifères portant au moins une capsule

Situation	Dens mpl/ha	RBV %	RBF %	RP1 %	R40%Sb	R35%Sm %	R25%Sh %	RP1eff %
Situation normale	31667	19,8	39,1	54,4	53,8	36,0	33,3	69,8
Soaodou	36875	14,7	37,3	47,0	50,0	31,0	35,0	59,0
Cana	40000	14,1	32,7	38,0	48,0	26,0	38,0	54,0
Stress hydrique	36042	10,8	30,7	38,5	46,0	27,5	35,5	58,0

## 5- Discussions et conclusion

Les stress enregistrés au cours de la dernière campagne ont été moins intenses que ceux de la campagne précédente ; néanmoins, les variables de mensuration ont confirmé leur aptitude à discriminer les situations de stress hydrique ; les variables de production et de rétention capsulaire mettent mieux en évidence les *shedding* anormaux

L'observation de l'évolution comparée de nombres de capsules et de site sur BF montre qu'il existe un écart presque régulier entre les deux variables en condition normale de culture : cet écart peut être interprété comme du *shedding* physiologique normal; mais en cas de chute anormale de capsules comme c'est le cas sur certains CPE en 1998 (et à une intensité moindre sur d'autres CPE en 1999), il se creuse un écart disproportionné qui résulte d'un mélange de *shedding* physiologique et parasitaire : les attaques importantes entraînent chez les plantes une production plus importante de sites fructifères consécutives aux chutes de capsules qui en résultent : c'est le phénomène de compensation ; les assimilats qui devraient servir à la maturation des capsules perdus sont orientés vers la production de nouveaux boutons floraux qui malheureusement ne tiennent plus ; en conséquence, les plants sont bien développés mais ne produisent pas autant.

Le taux de rétention sur les branches fructifères est très souvent inférieur à 50%. Ceci témoigne de l'importance des phénomènes de *shedding* ; on gagnerait beaucoup en productivité si les différentes disciplines œuvrant à la culture du cotonnier pouvaient réduire de façon remarquable les phénomènes de *shedding* ; l'amélioration variétale pouvait s'intéresser à la sélection de variétés qui résistent mieux aux causes de *shedding*, en particulier à la recherche de variétés chez lesquelles le *shedding* physiologique soit le plus réduit possible. La recherche de variétés résistantes aux stress biotiques et abiotiques doit être aussi un objectif important.

Compte tenu de la faible variation des conditions environnementales au cours de la campagne campagne 99-00, on pourrait penser qu'il serait hasardeux de conclure quant à la pertinence de tel ou tel critère pour caractériser des lieux ; néanmoins, les variables qui discriminent les CPE dans ces conditions peuvent être considérées comme les plus



sensibles aux petites variations environnementales, surtout si elles ont déjà été discriminantes la campagne dernière où il y eu des conditions environnementales beaucoup plus tranchées : Le triplet Rendement-Hauteur-Rétention en P1 a permis de structurer les lieux et d'expliquer les interactions géotypes milieu ;

Les différents indices calculés, l'indice de compétition, l'indice de fructification et les rétentions dans différents compartiments de la plante ne sont intéressants pour structurer des interactions ; pour une variété donnée, l'intérêt de ces critères semble limité à la simple description de variabilité entre lieux. Ils pourront certainement se révéler intéressants pour caractériser et discriminer des variétés.

## 6- Références bibliographiques

**Arib M. 1997.** Analyse d'un regroupement d'essais variétaux multilocaux et pluriannuels : cas du coton au Bénin (1992-1996). Mémoire de DESS, URBI/CIRAD-CA, 20 p.

**Bourland FM, Tugwell NP, Oosterhuis DM, Cochran MJ. 1994.** Cotton plant monitoring: the Arkansas system. In : *Proceedings Beltwide Cotton Conferences*. National Cotton Council of America, Memphis, Tennessee, pp. 1280-1281

**Bourland FM, Oosterhuis DM, Lammers JD. 1997.** Critical NAWF values for identifying the last effective boll population. In : *Proceedings Beltwide Cotton Conferences*. National Cotton Council of America, Memphis, Tennessee, pp. 1361-1362.

**Demol J. 1992.** Connaissance de la plante. In : *Cotonnier au Zaïre*. Publication agricole N° 29, Administration générale de la coopération au développement, Bruxelles pp. 17-26.

**Franquin P. 1985.** Compétition, développement morphogène du cotonnier et production de la plante. *Acta Oecologica, Oecolo. Plant.*, 6 (20), 153-167.

**Godoy AS, Palomo GC, Garcia CEA. 1996.** *Plant mapping* of mexican cotton cultivars. In : *Proceedings Beltwide Cotton Conferences*. National Cotton Council of America, Memphis, Tennessee, pp. 585-587.

**Hake K, Stair K. 1994.** Yield probability forecasts using plant monitoring. In : *Proceedings Beltwide Cotton Conferences*. National Cotton Council of America, Memphis, Tennessee, p. 1279.

**Jeffrey CS. 1994.** Practical uses of crop monitoring for Arizona cotton. In : *Proceedings Beltwide Cotton Conferences*. National Cotton Council of America, Memphis, Tennessee, pp. 186-188.

**Lançon J. 1995.** Effet de la densité de semis en sélection sur l'amélioration génétique du cotonnier : interaction, structures de corrélations, hétérosis et valeur en lignées. Université de Paris-Orsay, thèse de Doctorat, 119 p.

**Oosterhuis DM, Bourland FM, Tugwell NP, Cochran MJ. 1994.** Terminology and concepts related to crop monitoring, maturity and defoliation. In : *Ark. Agric. Exp. Sta. Special report 162*. pp. 239-249.

**Parry G. 1982.** Le cotonnier et ses produits. G.-P. Maisonneuve & Larosse, Paris (Ve), 502 p.

**Sêkloka E, Lançon J, Sinha M, Hougni A, Djaboutou M. 1999.** Application du plant mapping à la caractérisation d'essais variétaux multilocaux. *Actes des Journées Coton du CIRAD-CA*, Montpellier, 1999.